

# PENERAPAN SISTEM KONTROL DENGAN PEGAS PADA PENGGANDENGAN ALAT PENGOLAH TANAH

## Bagian II : Kinerja Lapang

### (APPLICATION OF SPRING CONTROL MOUNTING SYSTEM ON PLOW)

#### Part II : Field Performance

Bambang Purwantana<sup>1)</sup>, Handoyo<sup>1)</sup>, Agung Kisbyantoro<sup>2)</sup>

#### ABSTRACT

In order to give good tractive stability and constant large draft of tractor, an application of spring control mounting system on plow was developed. The result of laboratory test proved that the system could response the low frequency variation caused by the variation of soil condition, soil hardness and the variation of tillage depth with phase angle lags about 90°. The result also proved that in order to avoid hunting, the natural frequency of the spring should be larger than 20 rad/sec.

The study of field experiment was conducted to observe the hitching, steering and plowing performance. The result proved that the application of spring control mounting system has given some advantages on improvement of hitching force stability and acceleration of insertion of plow in soil. The system also reduced wheel slip, increased working velocity and field capacity, reduced fuel consumption and also reduced intensity of steering control by operator. Due to the short sole of plow which used in the construction of the system, hard layer under pulverized soil was not formed well.

**Key words** : hitching force, field capacity, steering control

#### PENDAHULUAN

Pengolahan tanah merupakan kegiatan yang membutuhkan energi yang paling besar, yaitu mencapai sekitar 60% dari total energi yang digunakan dalam usaha pertanian (Clinton et al., 1983). Usaha peningkatan kinerja pengolahan tanah secara mekanis merupakan tantangan yang sangat menarik bagi peneliti dibidang teknik pertanian. Secara teknis sifat fisik dan mekanis tanah dan lahan yang beragam menuntut perlakuan-perlakuan khusus yang secara ekonomis masih menemui banyak kendala (Purwantana, 1997). Kondisi lahan yang tidak seragam, terutama dalam gaya tahan tanah, mengakibatkan gaya tarik yang dibutuhkan menjadi tidak konstan, kedalaman olah tidak seragam dan konsumsi bahan

bakar meningkat (Kisbyantoro, 1999). Variasi besarnya gaya penarikan yang terjadi menyebabkan kebutuhan pengendalian oleh operator menjadi berlebihan dan secara ergonomis bernilai sangat rendah.

Dalam upaya meningkatkan kinerja pengolahan tanah tersebut Purwantana (1999) dengan memanfaatkan prinsip-prinsip umpan balik yang dikembangkan Kuo (1995) dan Lewis et al. (1997), telah mencoba mengembangkan suatu mekanisme penggandengan traktor-bajak dengan mengatur sudut mata bajak menggunakan suatu metode kontrol otomatis sederhana. Dengan memanfaatkan rekomendasi dari hasil penelitian Kawamura (1956), sistem kontrol dikembangkan dengan membangkitkan mekanisme umpan balik dari gaya-gaya yang bekerja pada bajak. Sebagai komponen kontrol dipergunakan suatu pegas tekan. Kestabilan sistem ditetapkan berdasarkan kriteria kestabilan Hurwit-Routh (Kuo, 1995), serta respon frekuensi menggunakan diagram Bode. Hasil penelitian dalam skala laboratorium menunjukkan bahwa penerapan sistem kontrol dengan pegas tersebut dapat dilakukan. Sistem kontrol dapat merespon frekuensi yang rendah dari tahanan tanah, kekerasan serta variasi kedalaman olah dengan keterlambatan fase sekitar 90°. Atas dasar hasil penelitian tersebut, Purwantana (1999) menyarankan bahwa untuk kestabilan sistem sebaiknya dipergunakan pegas kontrol dengan suatu konstanta yang menghasilkan frekuensi natural sistem lebih besar dari 20 rad/det.

Menindaklanjuti hasil-hasil penelitian laboratorium tersebut, suatu penelitian lapang tentang sistem penggandengan bajak singkal pada traktor tangan dengan menggunakan sistem pengaturan sudut bajak dengan kontrol pegas telah dilakukan. Tujuan dari penelitian adalah : 1) melihat kinerja gaya penarikan traktor khususnya tentang kemampuan gaya tarik maksimum dan kestabilannya, 2) kinerja pengolahan tanah yang meliputi kedalaman olah, slip roda traktor, kecepatan kerja, kapasitas kerja, dan konsumsi bahan bakar, dan 3) kinerja pengendalian traktor yang meliputi frekuensi pengangkatan dan pengaturan posisi traktor selama proses pengolahan tanah. Penelitian juga dimaksudkan untuk membuat suatu rekomendasi penggunaan sistem kontrol yang tengah dikembangkan.

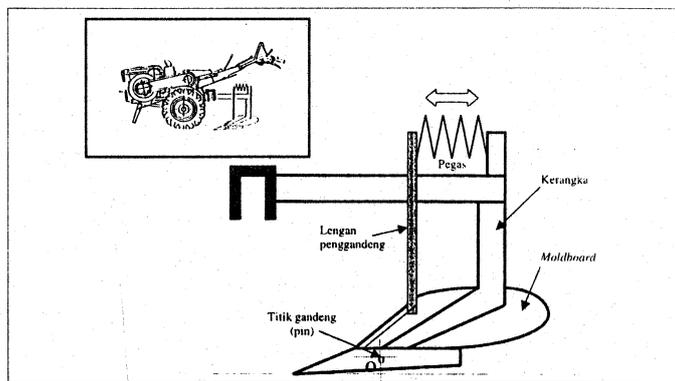
<sup>1)</sup> Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada

<sup>2)</sup> Alumni Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada

## METODE PENELITIAN

### Model Penggandengan

Gambar 1 memperlihatkan model penggandengan traktor-bajak yang digunakan. Model penggandengan tersebut adalah model penggandengan tetap antara kerangka bajak dengan traktor tangan. Bajak singkal dengan lebar kerja 20 cm digandengkan melalui bagian *landside* bajak sedemikian sehingga bajak dapat berputar bebas pada titik gandeng tersebut. Untuk mengatur sudut bajak, sebuah pegas tekan dipasangkan diantara batang penggandeng dengan bajak melalui sebuah lengan penghubung. Perubahan sudut bajak diatur secara otomatis berdasarkan besarnya resultan gaya yang bekerja pada badan bajak (*moldboard*). Apabila resultan gaya semakin besar dan bekerja diatas titik gandeng bajak, maka momennya terhadap titik gandeng menjadi lebih besar, menyebabkan pemendekan pegas sedemikian sehingga bajak bergerak naik memperkecil kedalamannya. Sebaliknya, apabila resultan gaya bekerja dibawah titik gandeng, maka pegas akan bertambah panjang, sudut bajak bertambah besar sehingga bajak bergerak turun memperbesar kedalamannya.



Gambar 1. Model penggandengan bajak dengan kontrol pegas

### Bahan dan Alat

Dalam penelitian ini dipergunakan traktor tangan ISEKI KL781 dan bajak singkal SEARS dengan rangkaian kerangka bajak yang telah dimodifikasi. Untuk mengukur gaya penarikan, rangkaian sensor strain-gauge dipasangkan pada bagian penggandeng traktor-bajak. Strain amplifier dipergunakan untuk memperkuat sinyal yang dihasilkan strain-gauge dan data recorder dipakai untuk merekam data pengamatan tersebut. Secara manual data juga dikumpulkan dengan alat-alat seperti rol meter, stop-watch, multimeter, gelas ukur dan penetrometer tanah.

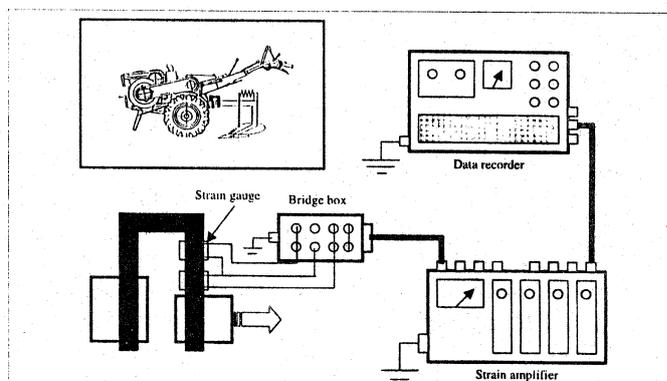
Dua buah pegas masing-masing dengan konstanta  $k = 62 \text{ N/cm}$  dan  $147 \text{ N/cm}$  dipilih untuk digunakan dalam penelitian ini. Pegas pertama dipilih karena konstanta pegas ini bersama besaran-besaran pada konstruksi penggandengan yang lain menghasilkan frekuensi natural sebesar  $19,9 \text{ rad/det}$ , yaitu frekuensi yang berada pada batas minimal frekuensi yang disarankan ( $20 \text{ rad/det}$ ). Pegas kedua dipilih karena konstanta pegas ini menghasilkan frekuensi natural

sebesar  $30,6 \text{ rad/det}$ , yaitu frekuensi yang berada diatas batas minimal yang disarankan.

### Pengamatan dan Pengukuran

Data yang diamati dan diukur dalam percobaan adalah data tentang gaya penarikan, laju penetrasi bajak ke dalam tanah, dan kinerja pengolahan tanah yang meliputi kedalaman olah, kecepatan kerja, slip roda traktor, konsumsi bahan bakar, frekuensi pengaturan posisi traktor-bajak, dan kapasitas kerja pengolahan tanah.

Pengukuran gaya penarikan dilakukan dengan cara menjalankan traktor untuk mengolah tanah sepanjang kurang lebih 10 meter. Dua buah pegas masing-masing dengan konstanta  $k = 62 \text{ N/cm}$  dan  $147 \text{ N/cm}$  serta sebuah batang tetap dipergunakan sebagai pengontrol sudut bajak secara bergantian. Pada kedudukan awal, sudut bajak diatur sebesar  $6^\circ$ . Sebuah kereta yang digunakan untuk meletakkan instrumen ukur dijalankan beriringan dengan traktor. Pengukuran dilakukan untuk setiap pegas maupun batang tetap dengan tiga kali ulangan. Gaya penarikan diukur berdasarkan sinyal yang dihasilkan dari rangkaian strain-gauge yang dipasangkan pada bagian penggandeng traktor-bajak. Secara skematis rangkaian pengukuran gaya penarikan diperlihatkan pada Gambar 2. Keseragaman gaya penarikan ditentukan secara statistik dengan menghitung nilai standar deviasi (sd) dan koefisien variansi (cv) dari data gaya penarikan yang dikumpulkan.



Gambar 2. Pengukuran gaya penarikan

Pengukuran laju penetrasi masuknya bajak ke dalam tanah, dilakukan dengan memasang pegas kontrol pada sistem penggandengannya dengan sudut bajak diatur sebesar  $6^\circ$  dan traktor dijalankan tanpa pengendalian oleh operator sampai kedalaman pengolahan yang setimbang atau sampai traktor berhenti karena slip. Kedalaman pengolahan diukur dari titik awal pembajakan dengan interval jarak 10 cm. Hasil pengukuran kedalaman diplotkan dalam bentuk grafik dengan absis jarak dan ordinat kedalaman bajak.

Pengamatan kinerja lapang pengolahan tanah dilakukan pada tiga petak lahan masing-masing dengan ukuran  $20 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ . Jenis tanah pada petak percobaan adalah geluh lempungan, dengan kadar air pada top-soil antara 16% sampai dengan 23%. Kondisi permukaan tanah adalah datar

dengan vegetasi rumput dan bekas tunggul padi yang telah dipotong dan diangkat. Pengujian pengolahan tanah dilakukan di Kebun Pendidikan Pengembangan dan Penelitian Pertanian (KP4) Kalitirto, Brebah, Sleman, Yogyakarta. Adapun kinerja lapang yang diamati meliputi kedalaman pengolahan tanah, kecepatan kerja, slip roda traktor, kapasitas kerja lapang pengolahan tanah, dan konsumsi bahan bakar.

Pengukuran kedalaman pengolahan tanah dilakukan secara acak untuk setiap interval 50 cm sepanjang alur pembajakan. Pengukuran dilakukan dari permukaan tanah sampai pada dasar alur pembajakan. Tingkat keseragaman kedalaman ditentukan secara statistik dengan menghitung besarnya standar deviasi dan koefisien variansi dari data kedalaman pengolahan yang dikumpulkan dan dibandingkan untuk semua perlakuan percobaan.

Kecepatan kerja dihitung dengan cara menentukan interval jarak  $L = 10$  meter dan dicatat waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tersebut. Pengukuran dilakukan pada posisi persnelling dan bukaan katup gas yang tetap dan dilakukan sebanyak alur pembajakan pada petak percobaan.

Slip roda traktor diukur dengan menghitung jumlah putaran roda ( $N$ ) sepanjang jarak tempuh  $L = 10$  meter. Sebelumnya diukur diameter roda traktor ( $D$ ) sedemikian sehingga besarnya slip roda dapat dihitung dengan :  $\text{slip} = (\pi DN - L) / (\pi DN)$ .

Kapasitas kerja lapang pengolahan tanah ( $K_a$ ) dihitung dengan mengukur luas lahan yang aktual terolah ( $A$ ) serta waktu total yang dipakai untuk menyelesaikan pengolahan tanah tersebut ( $T$ ) sedemikian sehingga kapasitas kerja dapat dihitung dengan  $K_a = A/T$ .

Besarnya konsumsi bahan bakar untuk pengolahan tanah per hektar ( $F_c$ ) dihitung dengan cara mengukur volume bahan bakar yang terpakai ( $V$ ) untuk menyelesaikan pengolahan tanah seluas ( $A$ ) sedemikian sehingga  $F_c = V/A$ .

Pengukuran frekuensi pengendalian traktor dibedakan menjadi dua pengertian yaitu pengangkatan dan pengaturan posisi. Pengangkatan merupakan pengendalian traktor pada saat traktor mengalami slip dengan cara mengangkat posisi bajak mengurangi kedalaman olahannya. Pengaturan posisi merupakan pengendalian posisi traktor untuk selalu menempati alur yang ditentukan dengan cara menekan rem kiri atau kanan traktor. Untuk pengukuran frekuensi pengendalian ini pengamatan dilakukan dengan mencatat jumlah setiap aktivitas yang berkaitan dengan pengaturan traktor tersebut.

### Analisis

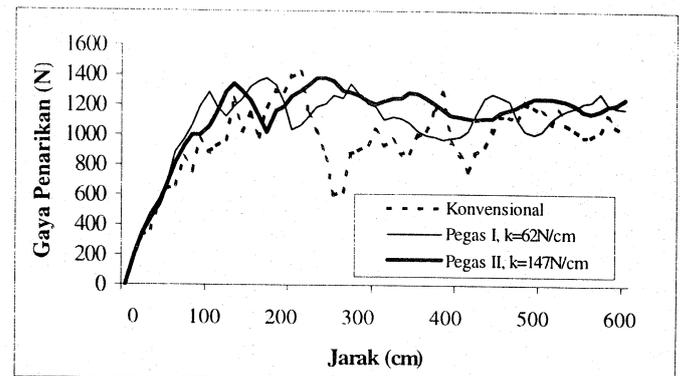
Data hasil penelitian dianalisis secara matematis dan statistik deskriptif. Analisis dengan statistik deskriptif terutama digunakan untuk menentukan tingkat keseragaman dari gaya penarikan, kedalaman pengolahan tanah, dan slip roda traktor diantara perlakuan-perlakuan sistem penggandengan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gaya Penarikan

Hasil pengukuran gaya penarikan bajak menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata

terhadap besarnya gaya penarikan pada penggandengan secara konvensional maupun penggandengan menggunakan kontrol pegas (Gambar 3 dan Tabel 1). Penggunaan pegas kontrol menyebabkan sedikit penambahan kemampuan gaya penarikan traktor. Hal ini berkaitan dengan proses perubahan sudut mata bajak didalam massa tanah selama proses pembajakan. Pada sistem penggandengan konvensional sudut mata bajak selalu tetap sehingga kedalaman pengolahan maksimum tidak tercapai oleh penyeteran sudut bajak yang telah ditetapkan. Apabila sudut mata bajak diperbesar maka kedalaman bisa bertambah, namun akibatnya persentase slip dan frekuensi pengendalian akan meningkat. Pada penggandengan dengan pegas kontrol, sudut mata bajak bisa sedikit berubah sesuai besarnya gaya yang bekerja pada bajak selama proses pembajakan sehingga kedalaman pengolahan yang maksimum dimungkinkan dicapai dengan efek terhadap slip roda minimal.



Gambar 3. Gaya penarikan traktor tangan dengan penggandengan konvensional dan penggandengan berkontrol pegas.

Tabel 1. Gaya penarikan taktor tangan dengan penggandengan konvensional dan penggandengan berkontrol pegas.

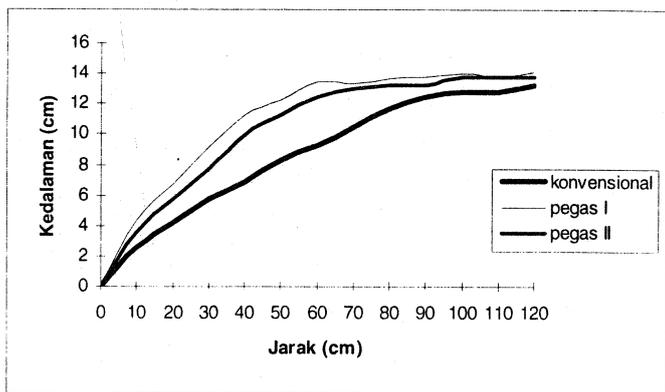
Penggandengan	Gaya Penarikan (N)	Keseragaman, cv
Konvensional	1027,5	0,162
Pegas I, (k = 62 N/cm)	1176,8	0,123
Pegas II, (k = 147 N/cm)	1254,7	0,098

Gambar 3 dan Tabel 1 juga menunjukkan bahwa penggunaan pegas kontrol dapat meningkatkan keseragaman gaya penarikan oleh traktor yang ditunjukkan oleh nilai koefisien variansi yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa pegas kontrol mampu membantu mengatasi variasi kondisi tanah yang sangat berpengaruh terhadap gaya pembajakan dengan mengatur posisi sudut mata bajak sedemikian sehingga resultan gaya-gaya yang bekerja pada bajak selalu menuju titik kesetimbangannya sesuai dengan prinsip rancangan yang dikembangkan. Pada penggunaan pegas I, meskipun variasi gaya penarikannya relatif lebih seragam dibanding dengan sistem konvensional namun karena keterlambatan responnya cukup besar (Purwantana, 1999)

maka tingkat keseragaman gaya penarikannya belum sempurna. Tingkat keterlambatan respon frekuensi berhubungan secara berkebalikan dengan tingkat keseragaman gaya penarikan. Pada pegas II, dimana keterlambatannya respon frekuensinya lebih kecil mempunyai tingkat keseragaman gaya yang lebih besar. Pada sistem penggandengan konvensional tidak terjadi pengaturan terhadap gaya yang bekerja pada bajak, sehingga seluruh gaya beserta variasinya diteruskan secara langsung pada bagian penggandeng traktor.

### Laju Penetrasi Bajak Kedalam Tanah

Gambar 4 memperlihatkan hasil pengukuran kedalaman bajak mulai saat traktor dijalankan secara bebas tanpa pengendalian oleh operator sampai dengan jarak sekitar 120 cm dengan menggunakan bajak yang digandeng menggunakan kontrol pegas maupun penggandengan konvensional. Gambar 4 tersebut, secara jelas menunjukkan bahwa pada penggandengan yang menggunakan kontrol pegas, laju masuknya bajak ke dalam tanah menuju kedalaman yang setimbang adalah lebih cepat dari pada pada sistem penggandengan konvensional. Hal ini dimungkinkan karena pada saat awal bajak masuk ke dalam tanah komponen gaya yang bekerja pada badan bajak arahnya berada dibawah titik penggandengan yang memungkinkan sudut mata bajak  $\theta$  membesar. Setelah mencapai kedalaman tertentu, gaya yang bekerja pada bajak arahnya telah berada sedikit diatas titik penggandengannya sehingga sudut mata bajak mengecil menuju kedudukan keseimbangan. Dari kedua jenis pegas yang digunakan, tidak ada perbedaan yang nyata dalam percepatan laju penetrasi bajak ke dalam tanah. Khususnya untuk pegas yang kedua hal ini berarti bahwa pemendekan pegas masih mampu dilakukan oleh besarnya gaya-gaya yang bekerja pada awal penetrasi bajak.



Gambar 4. Laju penetrasi bajak ke dalam tanah.

Keuntungan utama dari meningkatnya kecepatan masuk bajak adalah berkaitan dengan lebar *head land* pengolahan tanah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pengurangan lebar *head land* oleh penggunaan pegas kontrol adalah sebesar 53,8% (Kisbyantoro, 1999). Pengurangan lebar *head land* ini selanjutnya akan berpengaruh terhadap peningkatan kapasitas kerja pengolahan tanah.

## Kinerja Lapang Pengolahan Tanah

### Kedalaman pengolahan

Secara rata-rata, tidak ada perbedaan hasil kedalaman pengolahan tanah antara sistem penggandengan konvensional dengan sistem penggandengan berkontrol pegas (Tabel 2). Dari tiga variasi penggandengan yang dicoba semuanya memberikan hasil kedalaman pengolahan rata-rata sekitar 14,2 cm. Meskipun demikian terdapat perbedaan yang cukup nyata dalam nilai keseragaman dari kedalaman pengolahan, dimana pada sistem penggandengan konvensional mempunyai nilai ketidakseragaman yang tinggi. Pada sistem penggandengan konvensional bajak sering masuk terlalu dalam sehingga traktor slip. Pada saat tersebut operator akan mengangkat bajak naik mendekati permukaan sampai traktor berjalan normal kembali. Sebagai akibatnya akan selalu muncul kedalaman pengolahan yang besar dan kecil pada setiap proses pengangkatan bajak. Pada sistem penggandengan dengan pegas meskipun masih diperlukan bantuan pengangkatan bajak oleh operator pada saat slip, frekuensinya tidak terlalu besar sehingga variasi kedalaman olah yang dihasilkan tidak terlalu besar.

Tabel 2. Kedalaman pengolahan tanah oleh traktor dengan penggandengan konvensional dan penggandengan berkontrol pegas.

Penggandengan	Kedalaman Pengolahan (cm)	Keseragaman. cv
Konvensional	14.26	0,0365
Pegas I. (k = 62 N/cm)	14.23	0,0255
Pegas II. (k = 147 N/cm)	14.27	0,0287

### Slip Roda Traktor

Tabel 3 memperlihatkan rata-rata slip roda traktor yang diamati sepanjang 10 meter lintasan pengolahan tanah, masing-masing dengan 10 kali ulangan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan pegas kontrol pada sistem penggandengan secara nyata mampu mengurangi slip yang terjadi pada roda penggerak. Hal ini dimungkinkan karena sistem mampu mengatur secara otomatis sudut mata bajak didalam massa tanah. Meskipun demikian apabila pegas terlalu kuat fungsi pengaturan menjadi kurang efektif. Sebagai akibatnya sudut mata bajak tidak bisa secara sempurna merefleksikan besarnya resultan gaya yang bekerja pada *mouldboard*, dan kurang mampu mengurangi slip roda penggerak.

Tabel 3. Slip roda traktor pada penggandengan konvensional dan penggandengan berkontrol pegas.

Penggandengan	Slip Roda (%)	Standar deviasi, sd
Konvensional	38,83	3,56
Pegas I. (k = 62 N/cm)	19,59	4,05
Pegas II. (k = 147 N/cm)	31,47	2,41

### Kecepatan kerja

Kecepatan kerja pengolahan tanah oleh bajak dengan penggandengan berkontrol pegas relatif lebih besar dibanding pada sistem konvensional. Hal ini merupakan dampak positif dari berkurangnya slip roda penggerak pada sistem penggandengan berkontrol pegas tersebut. Apabila dibandingkan diantara kedua pegas yang digunakan maka pegas pertama memberikan nilai kecepatan kerja lapang yang lebih tinggi. Untuk pegas nomor dua fungsi kontrol relatif kurang bisa bekerja dengan baik karena pegas terlalu kuat. Secara kuantitatif kinerja kecepatan pengolahan oleh tiga perlakuan percobaan ditunjukkan pada Tabel 4.

### Kapasitas kerja

Besarnya kecepatan kerja serta slip roda penggerak secara langsung berpengaruh terhadap besarnya kapasitas kerja. Apabila slip roda rendah, kecepatan kerja meningkat sedemikian sehingga kapasitas kerjanya menjadi relatif lebih besar. Hal ini ditunjukkan oleh kinerja sistem penggandengan dengan pegas I (Tabel 4). Pada sistem penggandengan konvensional slip yang terjadi relatif besar sehingga kecepatan kerjanya berkurang dan sebagai akibatnya kapasitas kerja yang dihasilkan menjadi relatif lebih rendah. Peningkatan kapasitas kerja pengolahan tanah oleh penerapan kontrol pegas pada sistem penggandengan ini selanjutnya secara langsung mampu meningkatkan efisiensi pengolahan sebesar 16,7% sampai dengan 22,2%.

### Konsumsi bahan bakar

Besarnya kapasitas kerja pengolahan berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar. Disamping itu faktor-faktor lain seperti besar dan kestabilan gaya penarikan, variasi kondisi lahan, intensitas slip dan pengaturan untuk mengatasi slip juga mempengaruhi besarnya konsumsi bahan bakar. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dengan sistem penggandengan konvensional besarnya konsumsi bahan bakar adalah 12,8 liter/ha. Meningkatnya kestabilan gaya penarikan dan kapasitas kerja oleh penggunaan kendali pegas pada sistem penggandengan bajak menghasilkan penurunan konsumsi bahan bakar yaitu menjadi 9,59 liter/ha untuk pegas I dan 9,81 liter/ha untuk pegas II (Tabel 4).

### Frekuensi pengendalian

Pengamatan jumlah pengendalian traktor dibagi menjadi dua, yaitu pengendalian berupa pengangkatan kedudukan bajak dari kedalaman yang terlalu besar sehingga traktor terjebak dalam posisi slip dan pengendalian yang berupa pengaturan gerak traktor untuk menjaga traktor tetap berjalan lurus pada jalur yang ditentukan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa untuk pengaturan gerak traktor maka hampir tidak ada perbedaan jumlah pengendalian oleh operator dimana masing-masing memerlukan jumlah pengaturan sebanyak 87 dan 89 kali selama proses pengolahan atau sekitar 3 kali per menit. Untuk pengendalian yang berupa pengangkatan terdapat perbedaan yang sangat nyata dimana pada penggandengan konvensional dan pegas II memerlukan 7 dan 6 kali pengangkatan selama proses pengolahan, sedang untuk pegas I hanya memerlukan 3 kali pengangkatan.

Tabel 4. Kecepatan, kapasitas, konsumsi bahan bakar dan frekuensi pengendalian traktor dengan penggandengan konvensional dan penggandengan berkontrol pegas.

Kinerja	Konvensional	Penggandengan	
		Pegas I	Pegas II
Kecepatan kerja (m/det)	0.17	0.22	0.20
Kapasitas kerja (ha/jam)	0.018	0.022	0.021
Konsumsi bahan bakar (l/ha)	12.8	9.59	9.81
Frekuensi pengendalian (kali)			
a. pengangkatan	7	3	6
b. pengaturan posisi	89	89	87
c. jumlah	96	92	93

Berdasarkan hasil pengujian lapang yang diperoleh, secara umum dapat dilihat bahwa sistem kontrol pada penggandengan mampu bekerja sesuai mekanisme yang dirancang. Sudut mata bajak dapat berubah sesuai dengan resultan gaya yang bekerja pada  *moldboard* , mengatur kedalaman bajak, dan secara nyata dapat mengurangi slip roda traktor. Penggunaan pegas sebagai komponen kontrol cukup bisa diterima meskipun secara teknis memiliki beberapa kelemahan. Kelemahan utama penggunaan pegas adalah respon yang lambat dan kestabilan konstruksi yang lemah. Hal ini dapat dilihat bahwa meskipun dengan frekuensi yang relatif kecil, namun masih terjadi bajak masuk ke dalam tanah terlalu dalam sehingga memerlukan bantuan dari operator untuk mengembalikan pada posisi setimbangnya. Peristiwa ini terjadi pada saat pegas terlambat merespon gaya yang terjadi secara mendadak. Pada saat bajak telah masuk terlalu dalam, gaya pegas tidak mampu lagi memberikan reaksi karena massa tanah yang berada pada badan bajak telah melebihi gaya pegas. Meskipun demikian secara ekonomis maupun kemudahan konstruksinya penggunaan pegas sebagai komponen kontrol relatif menguntungkan.

Disamping beberapa kelebihan yang telah ditunjukkan oleh penggunaan pegas kontrol, beberapa kelemahan masih terlihat antara lain : (1) Posisi titik gandeng yang diletakkan pada bagian  *landside*  bajak menyebabkan konstruksi gandengan kurang kuat dan peka terhadap gaya puntir kearah lateral, (2) Sistem penggandengan dengan kontrol pegas dirancang untuk bajak yang geometri landasannya tidak terlalu panjang sehingga gaya  *damping*  tanah tidak terlalu berpengaruh terhadap kinerja kontrol. Sebagai akibatnya lapisan keras dibawah lapisan tanah terolah ( *hardpan* ) terbentuk relatif kurang baik dibanding bajak dengan landasan yang panjang. Optimasi panjang landasan bajak perlu dilakukan untuk memperoleh hasil terbaik.

Untuk memperoleh kinerja yang optimal dalam penerapan sistem kontrol dengan pegas pada penggandengan bajak, maka disamping ketepatan dalam penentuan nilai konstanta pegas, sebaiknya digunakan pegas yang tidak terlalu panjang, dan apabila memungkinkan digunakan tabung untuk melindungi pegas dari efek bengkokan. Untuk memperkuat konstruksi pada titik gandengan sebaiknya digunakan pin dengan diameter yang cukup besar. Penentuan posisi pin yang tepat sangat menentukan bekerja atau tidaknya mekanisme

pengontrolan. Oleh karena itu optimasi posisi titik gandeng ini sangat diperlukan.

## KESIMPULAN

1. Penerapan penggandengan bajak berkontrol pegas pada traktor tangan memberikan beberapa kelebihan dalam peningkatan kestabilan gaya penarikan, percepatan laju masuk bajak ke dalam tanah, dan peningkatan kinerja pengolahan tanah.
2. Peningkatan kinerja pengolahan tanah oleh penerapan penggandengan berkontrol pegas secara nyata ditunjukkan oleh berkurangnya persentase slip roda traktor, peningkatan kecepatan dan kapasitas kerja, penurunan konsumsi bahan bakar dan penurunan jumlah pengangkatan bajak karena slip yang berlebihan oleh operator.
3. Untuk mengoptimalkan kinerja pengontrolan pada sistem penggandengan, disamping ketepatan penentuan konstantan pegas diperlukan upaya perlindungan pegas dari efek bengkakan, optimalisasi panjang landasan bajak, dan ketepatan penentuan posisi titik gandeng.

## DAFTAR PUSTAKA

- Clinton O., Jacobs, Harrel, W., 1983. *Agricultural Power and Machinery*. Gregg Division, Mc Graw-Hill Book Company. New York.
- Kawamura, N., 1956. Studies on the mounting methods of tillage implements on the tractor. *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery*, Vol. 18, No. 2.
- Kisbiyantoro, 1999. *Studi Kinerja Bajak Singkal Dengan Sistem Penggandengan Berkontrol Pegas*. Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kuo, B.C., 1995. *Automatic Control Systems*. 7<sup>th</sup> edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Lewis, Paul H., Chang Yang, 1997. *Basic Control Systems Engineering*. 1<sup>st</sup> edition. Prentice Hall International, Upper Saddle River, New Jersey.
- Purwantana, B., 1997. *Studies on Self Propelling Rota-Wheel Tiller*. Master Thesis. Graduate School of Science and Technology, Kobe University, Japan.
- Purwantana, B., 1999. *Penerapan Sistem Kontrol Dengan Pegas Pada Penggandengan Alat Pengolah Tanah, Bagian I : Kestabilan Sistem*. *Agritech* Vo. 19 : 3 : 103-108